

明 細 書

圧力センサ及び圧力制御装置並びに圧力式流量制御装置の自動零点補正装置

技術分野

[0001] 本発明は、主として半導体製造設備や化学プラント等で使用される圧力センサ及び圧力制御装置並びに圧力式流量制御装置に関するものであり、流体の圧力を計測する圧力センサの出力が経時変化をする場合に、その変化量(ドリフト量)が所定の設定値を越えると自動的に圧力センサ零点補正を行なうことにより、圧力検出値の経時変化による圧力や流量の測定誤差の発生を防止することを可能とした圧力センサ及び圧力制御装置並びに圧力式流量制御装置の自動零点補正装置に関するものである。

背景技術

[0002] 半導体製造設備や化学品製造設備等に於いては、各種の原料ガスの供給流量や供給圧力等を高精度で制御することが要求され、これ等の要求に対応するために、多様な型式の圧力制御装置や流量制御装置並びにこれに用いる圧力センサが開発されている。

[0003] 図13及び図14は従前の流量制御装置の一例を示すものであり、図13(US特許第5146941号)に於いては、オリフィスFの上流側ガス圧 P_1 と、オリフィスFの入口側とスロート部間の差圧 δP を演算手段Cへ入力し、当該演算手段Cで算出した流量 W_g と設定流量 W_r とに基づいて、バルブコントローラVCを介してコントロール弁Vを開閉制御することにより、オリフィス下流側のガス流量を設定流量に制御するようにしており、所謂差圧式流量制御装置として周知のものである。

[0004] 同様に図14(特開平8-338546号)は、従前の圧力式流量制御装置の一例を示すものであり、臨界条件下に於いてオリフィス下流側のガス流量を $Q_c = K P_1$ (但し、 P_1 はオリフィス上流側圧力)として演算手段Cによって演算し、設定流量 Q_s と前記演算流量 Q_c との差が小さくなる方向にコントロール弁Vを開閉制御することにより、オリフィスFの下流側のガス流量を設定値に制御するようにしており、臨界条件下(P_2/P_1

≦約0.5)で使用する圧力式流量制御装置として公知のものである。

[0005] 尚、上述の如き流量制御装置等に於いては、何れもオリフィスFの上流側のガス圧 P_1 等を検出する必要があり、これ等の圧力検出には、ストレンゲージ等の半導体感圧素子を用いた圧力センサが多く利用されている。

[0006] ところで、前記流体圧力 P_1 を検出する圧力センサは、センサ周囲の環境条件例えばガス温度等により、その出力値が変動することが判っている。即ち、同じ流体圧力内に配置した圧力センサでも、流体温度が変動することにより圧力センサの出力値が変動する。

[0007] 例えば、前記ストレインゲージ型の圧力センサでは、圧力が電圧に変換され、横軸を圧力にとると縦軸が出力電圧に対応する関係となる。また、出力特性としては、絶対圧力が零のときに出力電圧が零になり、絶対圧力の増加と共に出力電圧が直線的に増加すると云う特性のものが望ましい。

しかし、現実の圧力センサは、前述の通りガス温度が変化すると、同一ガス圧力下でもセンサ出力が変化するうえ、圧力－出力特性が厳密な直接関係に無いと云うことが判っている。

[0008] 具体的には、圧力センサに加わる圧力が零のときのセンサ出力を零点出力と云い、この零点が、温度変化によって変動することを零点出力の温度ドリフトと呼ぶ。また、加圧時のセンサ出力の温度による変動をスパン出力の温度ドリフトと呼び、正確なセンサ出力を得るためには、零点出力の温度ドリフトとスパン出力の温度ドリフトの両者の調整が必要になる。

[0009] 例えば、いま仮に圧力センサの零点出力の温度ドリフトが無く、その零点電圧が0(V)であるとする。そして、この圧力センサに絶対圧力が $1.0(\times 10^2 \text{ kPaA})$ 即ち1atmのガス圧がかかったときの圧力センサの出力電圧が20mVであるとする。この状態でガス温度を変化させた場合、当然にその出力電圧は20mVから変化する。この変動が前述したスパン出力の温度ドリフトである。実際には、零点出力の温度ドリフトがあるため、任意圧力におけるスパン出力の温度ドリフトには、零点電圧の変動分(零点出力ドリフト)が加算されて出現することになる。

[0010] このように、上流側圧力 P_1 及び又は下流側圧力 P_2 を測定しながらオリフィス通過流

量を制御する圧力式流量制御装置等では、圧力センサの出力電圧に零点出力の温度ドリフトとスパン出力の温度ドリフトという温度変動特性が含まれるため、その出力電圧を直接圧力に変換すると、圧力 P_1 、 P_2 に誤差が含まれる事になる。

- [0011] そのため、本願発明者等は、上記温度変動による圧力センサの零点出力の温度ドリフト及び／又はスパン出力の温度ドリフトを制御回路や制御ソフトにより自動補正して、流体圧力や圧力制御、流量制御をより正確に行なえるようにしたシステム技術を開発し、これを特願2001-399910号として公開している。
- [0012] 上記特願2001-399910号に係る技術は、この種圧力センサの温度ドリフトに起因する圧力や流量等の制御誤差を比較的簡単な構成の装置により略完全に除くことができ、優れた実用的効用を奏するものである。
- [0013] しかし乍ら、圧力センサ特に半導体感応素子を用いた圧力センサには、上記流体温度による出力電圧の変動だけでなく、経時的な出力電圧の変動のあることが最近判って来た。

特に、上記圧力センサの経時的な出力電圧の変動は、オリフィスFの二次側を低圧（例えば $10^{-4} \sim 10^{-6}$ Torrの真空から100Torr位い）にした状態で使用される場合に顕著に表われることになり、半導体製造装置のプロセスチャンバへ各種ガスを供給する装置に使用される圧力式流量制御装置に於いては、その影響が無視できなくなつて来ている。

- [0014] 一方、上記圧力センサの経時的な出力変動の影響を除去するためには、圧力センサの圧力-出力特性を別途に設けた制御回路や制御ソフトを用いて、人為的に所定量だけスライドさせる方策が考えられる。しかし、これ等の経時的な出力変動（以下圧力センサの経時出力ドリフトと呼ぶ）を補正するための装置を別途に設けることは、圧力制御装置や流量制御装置の製造コストの上昇を来すことになり、問題となる。

特許文献1: 米国特許第5146941号

特許文献2: 特開平8-338546号公報

特許文献3: 特開平10-82707号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0015] 本発明は、従前の半導体感応素子を用いた圧力センサやこれを用いた流量・圧力制御装置に於ける上述の如き問題、即ち(1)圧力センサの圧力－出力特性が経時変動を起し、これによって流量・圧力等の制御精度が悪化すること、(2)前記経時出力ドリフトを補正する手段を別途に設ける場合には、流量・圧力制御装置の製造コストの上昇を招くこと等の問題を解決せんとするものであり、流量・圧力制御装置に備えられている圧力センサの圧力－出力特性の温度ドリフト補正手段を有効に活用することにより、大幅な製造コストの上昇を招くことなしに圧力センサの経時零点ドリフトを簡単且つ正確に補正できるようにした、圧力センサ及び圧力制御装置並びに圧力式流量制御装置の自動零点調整装置を提供するものである。

課題を解決するための手段

[0016] 本願発明者等は、圧力センサの経時変化による圧力－出力変動を解析するために、圧力センサのみならず、これを用いた圧力制御装置や圧力式流量制御装置を用いて、以下に示す如き各種の実験を積み重ねた。

そして、これ等の実験結果から、半導体感応素子を用いた圧力センサに於いては、(1)圧力センサの零点が経時変化を起すこと、(2)真空の条件下で使用したときは、零点の経時変化が必ずマイナス側へ向けて変動すること(即ち、圧力－出力特性に於ける圧力0のときの出力値が一側に変動すること)及び(3)圧力センサの零点が一側に変動し、この変動分だけ圧力制御精度の誤差が＋側に変動すること(即ち、圧力0のときの出力値が零点から一側、例えばフルスケール出力電圧の0.2%に相当する電圧 Δv だけ一側に変動すると、圧力制御精度の誤差はフルスケール出力電圧の0.2%に相当する電圧 Δv だけ上昇することになる。)を知得した。

[0017] 本願発明は、上記の如き事象の知得をベースにして創作されたものであり、請求項1の発明は、流体圧力を測定する圧力センサに於いて、圧力センサからのセンサ出力電圧を外部へ出力すると共に、前記センサ出力電圧を圧力センサの経時零点ドリフト補正手段へ入力し、当該経時零点ドリフト補正手段のセンサ出力判定手段に於いて前記センサ出力電圧が設定値より大きいかな否かを判定し、更に前記経時零点ドリフト補正手段の作動条件判定手段に於いて圧力センサの作動条件を判定し、前記センサ出力電圧が設定値より大きく且つ圧力センサの作動条件が予かじめ設定した

作動条件下にあるときは、圧力センサの経時零点ドリフトを消去する構成としたことを発明の基本構成とするものである。

[0018] 請求項2の発明は、請求項1の発明に於いて、圧力センサに半導体感圧素子を用い、また、センサの出力電圧を増幅器を通して外部へ出力すると共に、A/D変換器を通して圧力センサの経時零点ドリフト補正手段へ入力し、更にセンサ出力電圧が設定値より大きく且つ圧力センサが設定した作動条件下にあるときは、前記経時零点ドリフト補正手段からD/A変換器を通して前記センサ出力電圧と同一電圧で且つ逆極性の零点補正用電圧を前記増幅器のオフセット端子へ入力する構成としたことを発明の基本構成とするものである。

[0019] 請求項3の発明は、圧力制御用のコントロールバルブと流体圧力を測定する圧力センサを備えた圧力制御装置に於いて、圧力センサからのセンサ出力電圧を外部へ出力すると共に、前記センサ出力電圧を圧力センサの経時零点ドリフト補正手段へ入力し、当該経時零点ドリフト補正手段のセンサ出力判定手段に於いて前記センサ出力電圧が設定値より大きいかな否かを判定し、更に前記経時零点ドリフト補正手段の作動条件判定手段に於いて圧力センサの作動条件を判定し、前記センサ出力電圧が設定値より大きく且つ圧力センサの作動条件があらかじめ設定した作動条件下にあるときは、圧力センサの経時零点ドリフトを消去する構成としたことを発明の基本構成とするものである。

[0020] 請求項4の発明は、請求項3の発明に於いて、圧力センサに半導体感圧素子を用い、また、センサの出力電圧を増幅器を通して外部へ出力すると共に、A/D変換器を通して圧力センサの経時零点ドリフト補正手段へ入力し、更にセンサ出力電圧が設定値より大きく且つ圧力センサが設定した作動条件下にあるときは、前記経時零点ドリフト補正手段からD/A変換器を通して前記センサ出力電圧と同一電圧で且つ逆極性の零点補正用電圧を前記増幅器のオフセット端子へ入力する構成としたことを発明の基本構成とするものである。

[0021] 請求項5の発明は、流量制御用のオリフィスと、オリフィスの上流側配管に設けたコントロールバルブと、オリフィスとコントロールバルブの間に設けて上流側圧力 P_1 を検出する上流側圧力センサとから構成され、上流側圧力 P_1 によりオリフィス通過流量を

制御する圧力式流量制御装置において、前記圧力センサからのセンサ出力電圧を流量演算手段へ出力すると共に、前記センサ出力電圧を圧力センサの経時零点ドリフト補正手段へ入力し、当該経時零点ドリフト補正手段のセンサ出力判定手段に於いて前記センサ出力電圧が設定値より大きいか否かを判定し、更に前記経時零点ドリフト補正手段の作動条件判定手段に於いて圧力センサの作動条件を判定し、前記センサ出力電圧が設定値より大きく且つ圧力センサの作動条件があらかじめ設定した作動条件下にあるときは、圧力センサの経時零点ドリフトを消去する構成としたことを発明の基本構成とするものである。

[0022] 請求項6の発明は、請求項5の発明に於いて、圧力センサに半導体感圧素子を用い、また、センサの出力電圧を増幅器を通して外部へ出力すると共にA/D変換器を通して圧力センサの経時零点ドリフト補正手段へ入力し、更にセンサ出力電圧が設定値より大きく且つ圧力センサが設定した作動条件下にあるときは、前記経時零点ドリフト補正手段からD/A変換器を通して前記センサ出力電圧と同一電圧で且つ逆極性の零点補正用電圧を前記増幅器のオフセット端子へ入力する構成としたことを発明の基本構成とするものである。

[0023] 請求項7の発明は、流量制御用のオリフィスと、オリフィスの上流側配管に設けたコントロールバルブと、オリフィスとコントロールバルブの間に設けて上流側圧力 P_1 を検出する上流側圧力センサと、オリフィスの下流側配管に設けられて下流側圧力 P_2 を検出する下流側圧力センサとから構成され、上流側圧力 P_1 と下流側圧力 P_2 によりオリフィス通過流量を制御する圧力式流量制御装置において、圧力センサからのセンサ出力電圧を流量演算手段へ出力すると共に、前記センサ出力電圧を圧力センサの経時零点ドリフト補正手段へ入力し、当該経時零点ドリフト補正手段のセンサ出力判定手段に於いて前記センサ出力電圧が設定値より大きいか否かを判定し、更に前記経時零点ドリフト補正手段の作動条件判定手段に於いて圧力センサの作動条件を判定し、前記センサ出力電圧が設定値より大きく且つ圧力センサの作動条件があらかじめ設定した作動条件下にあるときは、圧力センサの経時零点ドリフトを消去する構成としたことを発明の基本構成とするものである。

[0024] 請求項8の発明は、請求項7の発明に於いて、圧力センサに半導体感圧素子を用

い、また、センサの出力電圧を増幅器を通して外部へ出力すると共にA/D変換器を通して圧力センサの経時零点ドリフト補正手段へ入力し、更にセンサ出力電圧が設定値より大きく且つ圧力センサが設定した作動条件下にあるときは、前記経時零点ドリフト補正手段からD/A変換器を通して、前記センサ出力電圧と同一電圧で且つ逆極性の零点補正用電圧を前記増幅器のオフセット端子へ入力する構成としたことを発明の基本構成とするものである。

- [0025] 請求項9の発明は、請求項3又は請求項4の発明に於いて、圧力センサの経時零点ドリフト補正手段のセンサ出力判定手段で基準とする設定値を、圧力センサにより検出するフルスケール圧力FSの制御精度以下に相当するセンサ出力電圧とするようにしたものである。
- [0026] 請求項10の発明は、請求項3又は請求項4の発明に於いて、圧力センサの経時零点ドリフト補正手段の作動条件判定手段で基準とする設定作動条件を、コントロールバルブへの強制開の信号の有・無と、強制閉の信号との有無と、流量の設定信号が零であることの三条件とするようにしたものである。
- [0027] 請求項11の発明は、請求項5、請求項6、請求項7又は請求項8の発明に於いて、圧力センサの経時零点ドリフト補正手段のセンサ出力判定手段で基準とする設定値を、圧力センサにより検出するフルスケール圧力の制御精度以下に相当するセンサ出力電圧とするようにしたものである。
- [0028] 請求項12の発明は、請求項5、請求項6、請求項7又は請求項8の発明に於いて、圧力センサの経時零点ドリフト補正手段の作動条件判定手段で基準とする設定作動条件を、コントロールバルブへの強制開信号の有・無と、強制閉信号との有無と、流量設定信号が零であることの三条件とするようにしたものである。
- [0029] 請求項13の発明は、請求項4の発明に於いて、経時零点ドリフト補正手段から零点補正用電圧を増幅器のオフセット端子へ出力するD/A変換器を、当該圧力式流量制御装置の流量演算手段に設けた圧力センサの温度ドリフト補正手段と共用するようにしたものである。
- [0030] 請求項14の発明は、請求項6又は請求項8の発明に於いて、経時零点ドリフト補正手段から零点補正用電圧を増幅器のオフセット端子へ出力するD/A変換器を、当

該圧力式流量制御装置の流量演算手段に設けた圧力センサの温度ドリフト補正手段と共用する構成としたものである。

発明の効果

- [0031] 本願請求項1の発明に於いては、経時零点ドリフト補正手段により判断をした結果に基づいて、経年変化により生ずる零点ドリフトを消去する構成としているため、圧力センサの圧力検出精度が大幅に向上する。
- [0032] 本願請求項2の発明に於いては、経時零点ドリフト補正手段により判断をした結果に基づいて、圧力センサの経年変化により生じたドリフト電圧と同一で且つ逆極性の電圧を圧力センサの出力を増幅する増幅器のオフセット端子へ入力することにより、前記経年変化によって生ずる零点ドリフトを消去する構成としている。その結果、圧力センサの圧力検出精度が大幅に向上する。
- [0033] 請求項3乃至請求項8の発明に於いても、圧力制御や流量制御の基礎を為す圧力センサの圧力検出精度が向上するため、圧力や流量の制御精度が大幅に向上する。
- [0034] また、請求項9及び請求項11の発明に於いては、圧力センサで検出するフルスケール圧力FSの制御精度以下、例えばフルスケール圧力FSの0.13%に相当するセンサ出力電圧を基準にして自動零点補正を行なうようにしているため、常に流量測定値を所定の精度範囲内に保持することが出来る。
- [0035] 更に、請求項10及び請求項12の発明に於いては、オリフィス上流側の圧力センサが設置されている環境条件が真空に近い状態にある場合に、自動的に経年零点ドリフトの補正が行なわれるため、より高精度でもって零点ドリフトの消去を行なうことが可能となる。
- [0036] 請求項13及び請求項14の発明に於いては、増幅器のオフセット端子へドリフト補正用電圧を供給するD/A変換器を、圧力センサの温度ドリフト補正手段と共用するようにしているため、圧力制御装置や圧力式流量制御装置の圧力センサの温度ドリフト及び経年ドリフトの補正手段の構成を簡素化することが出来る。本発明は上述の通り、優れた実用的効用を奏するものである。

図面の簡単な説明

[0037] [図1]本発明で使用した半導体素子型圧力センサ(圧力トランジューサ)の構造図である。

[図2]本発明で使用した圧力センサの取付状況を示す断面図である。

[図3]本発明で使用した圧力センサの真空保持下に於ける零点出力の経時変化を示す曲線である。

[図4]本発明で使用した圧力センサの真空保持下に於ける零点出力の経時変化の「真空引き前の使用歴による差異」を示す線図である。

[図5]本発明で使用した圧力センサの圧力を0(Torr・真空)～60Torrのサイクルで変化させた場合の零点出力の経時変化を示す線図である。

[図6]圧力センサの圧力を0(Torr・真空)～0.1MPaGのサイクルで変化させた場合の零点出力の経時変化を示す線図である。

[図7]圧力センサの圧力を0.1MPaGに保持した場合の零点出力の経時変化を示す線図である。

[図8]本発明の実施態様に於いて使用した圧力式流量制御装置の構成図である。

[図9]本発明の実施態様に於いて使用した圧力式流量制御装置の温度による圧力センサの出力変動を補正する手段の中の零点出力補正部分のブロック構成図である。

[図10]圧力センサの零点出力電圧の補正とフルスケール(FS)との関係を示す説明図である。

[図11]本発明に係る圧力式流量制御装置の制御回路のブロック構成図である。

[図12]本発明に係る圧力センサ経時零点ドリフト補正手段の作動フロー図である。

[図13]従前の圧力式流量制御装置の一例を示すものである。

[図14]従前の圧力式流量制御装置の一例を示すものである。

符号の説明

[0038] P₁はオリフィス上流側ガス圧、Aは圧力センサ、Bは管路、1は圧力式流量制御装置、2はオリフィス、2aはオリフィス孔、3は上流側圧力センサ、4は上流側配管、5は下流側配管、6は温度センサ、7は制御回路、7aは流量演算手段、7bは流量設定手段、7cは比較手段、8はバルブ駆動部、9はコントロールバルブ、10はガス供給源、

11は圧力レギュレータ、12・13はバルブ、14はプロセスチャンバ、15は真空ポンプ、16は固定増幅回路、16aはオフセット端子、17・18は可変増幅回路、19はA/D変換器、20はCPU、21はセンサベース、22はセンサチップ、23はダイヤフラム、24はダイヤフラムベース、25はシリコンオイル、26は封止体、27はリードピン、28は取付けボディ、29は押えナット、30はベアリング、31はシールリング、40はオフセット用D/A変換器、40a・40bはD/A変換器、40c・40dはバッファ、40eは合成用バッファ、41はD/A変換器、42・43・44はA/D変換器、7a' は流量演算手段の中の流量直線性補正部、48は圧力センサの温度ドリフト補正部手段、49は圧力センサの経時零点ドリフト補正手段、49aはセンサ出力判定手段、49bは作動条件判定手段、50はピエゾ昇圧回路。

発明を実施するための最良の形態

[0039] まず、本願発明者等は、図1に示す如き構造の圧力センサAを管路Bへ図2の如き形態で取り付けし、管路B内を真空ポンプ(図示省略)により所定の真空度の真空状態に保持することにより、圧力センサAの圧力出力特性の経時変化を調査測定した。

図1及び図2に於いて、21はセンサベース、22はセンサーチップ(半導体型感圧素子)23はダイヤフラム、24はダイヤフラムベース、25はシリコンオイル、26は封止体、27はリードピン、28は取付けボディ、29は押えナット、30はベアリング、31はシールリング、P₁はガス圧である。

[0040] 尚、図2では、押えナット29を用いて圧力センサAを取付けボディ28へ固定しているが、圧力センサAの取付け固定機構は如何なるものであってもよく、例えば取付け固定用のフランジ(図示省略)を用いて、圧力センサAを取付けボディ28へ固定するようにしてもよい。

また、図1及び図2には示していないが、所謂ストレインゲージをダイヤフラム23の内面側に固着し、シリコンオイル25を使用しない構造の圧力センサAも、図1の構造の圧力センサAに替えて使用した。

[0041] 配管路B内を減圧することにより、ダイヤフラム23に加わるガス圧P₁が変わり、それによってセンサチップ22(又はストレインゲージ)に加わる圧力が変動する。その結果

、センサチップ22からの出力電圧が変化して、ガス圧力P1の変動が検出される。

尚、圧力センサAそのものは公知(特開平10-82707号等)であるため、ここではその説明を省略する。

[0042] 図3は、圧力センサAを図2の如き状態に取付け、大気圧下で24時間放置したあと、真空引き(真空度 10^{-5} ~ 10^{-6} Torr)した状態に保持した場合の圧力センサAの零点の変動状態を示す線図である。

図3からも明らかなように、真空引き直後から約1時間で、零点は0.2~0.3%FS(フルスケールFSを100Torrとした場合、0.2~0.3Torr変動する)だけマイナス方向へ変動し、その後約5時間程度で更に0.1%FS程度マイナス方向へ変動したあと、安定せず、変動量としては少ないがマイナス方向へ変動している。

尚、図3の縦軸の圧力センサの出力はmVで表示されており、2mVが0.1%FSに相当する。(即ち、0~100Torrが出力電圧0~2Vに相当している)。

[0043] 図4は、圧力センサが真空引き前に経験する圧力・時間の、零点の安定時間への影響を示すものである。即ち、真空保持試験によってある程度零点が安定した状態にある供試品に、数種類の圧力を経験させ、その後、真空に保持して零点の安定時間を連続モニタリングし、真空引きの前に経験した圧力が零点安定時間に及ぼす影響を調査したものである。

[0044] 図4からも明らかなように、経験した圧力が高いと零点の初期値が高く、真空引き後のマイナス側への変動の割合が大きくなって行く。しかし20~30時間経過後は、事前に経験した圧力に関係なくほぼ同じ値に落ち着き、その後は、図3の真空放置による零点安定時間測定試験の結果と同様に、一定の割合で減少を続けると考えられる。尚、図中の矢印で示す時間は、連続モニタリングの初期からの経過時間である。

[0045] 図5及び図6は、圧力範囲を0Torr(15秒間保持・真空度約 10^{-6} Torr) - 60Torr(30秒間保持)で、規則的に連続して1日当り5時間に亘って切換えし(図5)及び0(15秒間保持・真空度約 10^{-6} Torr) - 0.1 - 1MPaG(30秒間保持)で、規則的に連続して1日当り5時間に亘って切換えし(図6)、夫々5時間経過した後に零点の変動を測定した結果を示すものであり、約1週間の間隔で4週に亘って零点の変動を測定したものである。

[0046] 図5からも明らかなように、1～2週間の間で0.2%FSの零点変動を生じるものが出て来ることが判る。

また、図6の試験結果からは、零点変動はマイナス方向に0.1%FS以下に納まることが判明した。

[0047] 図7は、圧力センサAを0.1MPGの加圧状態に連続して保持した場合の零点出力の経時変動を示すものであり、零点変動は、プラス側に0.1%FS以下の変動量で生ずることが判る。

[0048] 上記図3乃至図7に示した試験結果から、半導体反応素子(トランジューサ)を用いた圧力センサAに於いては、その零点出力の経時変化について下記の如き事象の存在することが判明した。

[0049] 1 真空保持、真空⇄60Torrのサイクル試験では、零点はマイナス方向へ変動し続ける。

2 真空保持では初期の数時間が特に変動が大きい。

3 時間の経過と共に変動の割合は減少するが、大気圧に戻す又は0.1MPaGの加圧状態におかれたあと真空引きすると、初期に比較的大きい変動が起こる。

4 真空⇄60Torrのサイクル試験ではバラツキがあり、真空保持試験より変動量の大きいものが出てくる。1週間経過後には0.2%FSを外れるものがある。

5 0.1MPa保持試験の結果より、この程度の加圧保持では、零点は変動していないと考えられる。また、大気圧での保管状態でも、大きな変動はないと考えられる。

[0050] 上記の如き圧力センサAの零点出力の経時変化をベースにして、本願発明者等は圧力センサAのみならず、圧力センサAを使用する圧力制御装置及び圧力式流量制御装置の零点出力の経年変化を自動補正する方策を創案した。

[0051] 以下に、本発明に係る圧力式流量制御装置の零点出力の経年変化を補正する自動零点調整装置の実施形態を図面に基づいて説明する。

[0052] 図8は、本発明に係る臨界条件を利用した圧力式流量制御装置の構成図である。この圧力式流量制御装置1は、供給される流体が臨界条件にある場合、即ちオリフィス2から流出する流体の流体速度が音速である場合を前提としているため、流量は $Q = KP_1$ で表され、圧力測定は上流側圧力センサ3だけで行われる。また、圧力式流

量制御装置1には、オリフィス2aを形成したオリフィス2、上流側配管4、下流側は配管5、上流側圧力センサ3、温度センサ6、制御回路7、バルブ駆動部8及びコントロールバルブ9が配置されている。

[0053] 制御回路7は電子回路とマイクロコンピュータと内蔵プログラムを中心に構成されており、図示しない増幅回路やA/D変換器などの電子回路系と、実験流量式による流量 Q_c を演算する流量演算手段7aと、流すべき設定流量 Q_s を指令する流量設定手段7bと、演算流量 Q_c と設定流量 Q_s の流量差 $\Delta Q (=Q_s - Q_c$ 又は $Q_c - Q_s)$ を計算する比較手段7cから構成されている。

[0054] 尚、図8に於いて、10はガス供給源、11は圧力レギュレータ、12・13はバルブ、14はプロセスチャンバ、15は真空ポンプである。

[0055] 真空ポンプ15による排気で、オリフィス2の下流側圧力 P_2 は上流側圧力 P_1 よりもかなり小さく設定され、 $P_2/P_1 < \text{約} 0.5$ の臨界条件は常に自動的に保持されている。その結果、オリフィス孔2aから流出するガス速度は音速となっており、オリフィス2の通過流量 Q は $Q = KP_1$ により表される。

[0056] 上流側圧力 P_1 は、圧力センサ3により計測される。正確な圧力測定をするため、圧力センサ3のセンサ部分はガス流に接触して配置され、しかもガス流を攪乱しないように、そのセンサ部分は極めて小さく設計されている。従って、センサ部分はガス温度 T に等しくなっている。

また、ガス温度 T は温度センサ6により計測されており、温度センサ6はガス流を攪乱しないようにオリフィス2の近傍温度を測定しており、ガスとオリフィスが熱平衡にあれば両者の温度は等しくなるから、オリフィス温度をガス温度として測定する。

[0057] 上流側圧力 P_1 とガス温度 T は電圧として得られ、図示しない増幅回路やA/D変換器によりデジタル信号になる。これらのデジタル信号は流量演算手段7aに inputs され、ガス温度 T とガス物性から比例係数 K が算出され、また上流側圧力 P_1 を利用して演算流量 Q_c が $Q_c = KP_1$ により算出される。

流量設定手段7bからは目的となる設定流量 Q_s が入力されており、比較手段7cにより流量差 ΔQ が $\Delta Q = Q_s - Q_c$ として演算される。

また、演算された流量差 ΔQ は、バルブ駆動部8へ出力され、 ΔQ をゼロにする方

向にコントロールバルブ9の開度を調整する。この開度調整により、ガスのオリフィス上流側圧力 P_1 が可変調整され、 $Q_c = K P_1$ によって得られる演算流量 Q_c が設定流量に等しくなるように制御される。

[0058] 前述したように、圧力センサ3のセンサ部分はガス温度 T に等しくなっており、ガス温度 T が変動すると、それに連れてセンサ部分の温度も変化する。また、圧力センサ3は温度依存性を有し、圧力センサ3の出力電圧が温度変動に従って変動する。そのため、本発明に係る圧力式流量制御装置には、図9のような圧力センサ3の温度による出力電圧の変動(ドリフト)を補正する装置が設けられている。

[0059] 図9は、圧力式流量制御装置に於ける上記温度による出力電圧の変動(ドリフト)を補正する手段の中の零点出力(即ち、圧力が零の状態下に於ける出力電圧)の調整に用いるゼロ点出力の温度ドリフト補正装置の簡易ブロック回路図である。

図9を参照して、圧力センサ3の出力電圧 V は、固定増幅回路10及び可変増幅回路18によって圧力電圧 V にまで増幅される。圧力電圧 V はA/D変換器19を介してCPU20へ入力される。また、固定増幅回路16の出力は他の可変増幅回路17へ出力され、この可変増幅回路17の出力も圧力電圧 V を与え、上流側圧力 P_1 として表示板に表示される。

[0060] 前記圧力センサ3は、例えば絶対圧 $P_1 = 7$ 気圧、(即ち $7 \times 10^2 \text{ kPa}$)を感受したときに100mVを出力すると仮定すると、この圧力センサ3により $P_1 = 0 \sim 3 (\times 10^2 \text{ kPa})$ の範囲で上流側圧力 P_1 を制御すると、圧力センサ3の出力電圧 V は、 $V = 0 \sim 42.86 \text{ mV}$ の範囲の出力電圧となる。

また、この出力電圧 V の最大電圧42.86mVをフルスケールの5Vに増幅するとすれば、増幅率は117倍となる。本実施形態では、117倍の増幅率は、前記固定増幅器16で100倍、可変増幅器17・18で1.17倍にすることにより実現されている。

[0061] ところで、圧力センサ3の出力電圧は、温度変動によりドリフトするが、いま圧力零のときにおける出力変動(ドリフト)を零点温度出力ドリフトと呼び、任意の圧力を受けているときの出力変動(ドリフト)を出力温度ドリフトと呼ぶことにする。

前記零点出力温度ドリフトは、固定増幅器16のオフセット端子16aを調整することによって補正されており、具体的には、零点出力ドリフトの補正はオフセット用D/A

変換器40によって実現されている。即ち、圧力が零のときに出力電圧 V がある値 $+v_0$ を示したとすると、この零点出力ドリフト電圧 v_0 を零にするように、オフセット端子16aに $-v_0$ を入力する。この結果、圧力が零のときに、圧力センサ3から出力電圧 v_0 が固定増幅器16へ入力されても、実効入力電圧は $v_0 + (-v_0) = 0$ となり、零点出力の変動ドリフトが補正されたことになる。

[0062] 前記オフセット用D/A変換器40は粗調整用のD/A変換器40aとバッファ40c、微調整用のD/A変換器40bとバッファ40d及び合成用のバッファ40eから構成される。このように、粗調整用回路と微調整用回路により、零点出力ドリフト電圧 v_0 を反転した零点補正電圧 $-v_0$ をオフセット端子16aに印加して、零点出力ドリフトを消去するように補正している。

[0063] 図10は零点出力電圧の変動ドリフトの補正とフルスケールFSの設定との関係の説明図であり、横軸は上流側圧力 P_1 を、また縦軸は圧力センサ3の出力電圧 v と可変増幅器18の圧力電圧 V を示している。圧力範囲は $P_1 = 0 \sim P_{1m}$ で、最大圧力は $P_{1m} = 3.0 (\times 10^2 \text{ kPa})$ とする。いま、ガス温度 T が T_0 のとき、零点出力ドリフトが $v_0 = -2.0 \text{ mV}$ 、最大圧力 P_{1m} におけるセンサの最大出力電圧は $v_1 = 40.8 \text{ mV}$ であるとする。

[0064] 而して、図10の v_0 と v_1 とを結んだ点線 a' が圧力センサ3の温度特性を示すことになり、ここで、オフセット端子16aに $-v_0$ を印加すると、 $v_0 + (-v_0) = 0$ により v_0 は 0 mV となり、 v_0 から零に補正されることになる(矢印a)。その結果、最大圧力 P_{1m} におけるセンサ出力電圧も $v_0 + (-v_0) = 40.8 + 2.0 = 42.8 \text{ mV}$ になる。従って、圧力センサ3の出力は零点ドリフト補正により $0 \sim 42.8 \text{ mV}$ へと補正される。この補正された後の温度特性は破線 a'' により表されている。

[0065] 次に、この圧力センサ3のフルスケール設定を行なう。零点調整後の圧力センサの出力が $0 \sim v_1 + (-v_0)$ 、即ち $0 \sim 42.8 \text{ mV}$ であるとき、これをフルスケール 5 V に設定する。即ち、 42.8 mV を 5 V に増幅するため、可変増幅器44、46の増幅率を 1.17 とし、その結果、2段増幅率は $M = 100 \times 1.17 = 117$ に設定される。この補正は矢印6で示されている。

[0066] 従って、最大電圧 V_m は $V_m = (v_1 - v_0)$ で与えられ、任意圧力 P_1 での圧力センサ3の出力電圧 v は、 $V = M(v - v_0)$ へと増幅される。この増幅出力 V は実線Cによって表

され、臨界条件ではこの実線Cは $V=a(T_0)P_1$ を表す。比例定数 $a(T_0)$ はガス温度Tが T_0 における比例定数を与える。

[0067] 上記図9及び図10の説明に於いては、零点出力ドリフト $v_0 = -2.0\text{mV}$ が流体(ガス)の温度変化によって生ずるものとしている。そのため直線 a' を圧力センサ出力 v の温度特性とし、また直線Cを増幅器出力 V の温度特性と理解している。

[0068] 一方、本願発明に於いては、圧力センサ出力 v の経時変化の零点補正を問題にするものであるから、前記図9及び図10の零点出力ドリフト v_0 (即ち、圧力零に於ける圧力センサ出力 v_0)を経時変化により生ずる零点出力ドリフトと規定すれば、先きに図9及び図10に於いて説明した補正手段やこれとフルスケール(FS)の設定との関係が、そのまま経時変化により生ずる零点出力ドリフトの補正にて適用できることになる。

即ち、前記図10に於ける直線 a' を圧力センサ出力 v の経時変化特性とし、また直線Cを増幅器出力 V の経時変化特性として把握すれば良いことになる。

[0069] 尚、前記図3乃至図6で示した圧力センサ3の出力 v の経時出力変化特性の測定方法については、ここでは詳細に説明することは省略するが、圧力センサ3を図2の如き形態に組付けした管路B内の圧力を真空ポンプ(図示省略)で零圧力(真空 $10^{-5} \sim 10^{-6}\text{Torr}$)、即ち $P_1 \approx 0 (\times 10^{-2}\text{kPaA})$ とし、時間経過と圧力センサ3の零点出力の変動量 v_0 (ドリフト電圧 v_0)を測定したり、或いは、管路B内の圧力を任意の設定値に保持した状態で時間経過と圧力センサ3の零点出力の変動量 v_0 を測定したものである。

[0070] 前記図3は、真空下に保持した場合の圧力センサ3の経時による零点出力ドリフトの一例を示す経時出力特性図であり、横軸は時間(Hr)であり、縦軸は零点出力ドリフト電圧 v_0 であり、センサ出力電圧 2mV が、フルスケールを 100Torr としたときのフルスケールFSの 0.1% に相当するものである。PT出力 0mV のラインはドリフトが無い理想的な場合を示し、曲線は実際に測定されたゼロ点出力ドリフトを与える。このドリフトは圧力センサのサンプルによっても異なるが、前述の通り約1時間後で $0.2 \sim 0.3\%FS$ ($v_0 = 4 \sim 6\text{mV}$)、約6時間後で $0.4\%FS$ ($v_0 = 8\text{mV}$)程度となる。そして、このゼロ点出力ドリフト電圧 v_0 が、前述した図9の固定増幅回路16のオフセット端子16aに印加されることになる。

[0071] 本発明に於いては、圧力センサ3の経時による零点出力ドリフト v_0 が $-0.13\%FS$ （即ち、零点出力ドリフト v_0 が $-2.6mV$ ）より大きくなると、零点出力ドリフト v_0 を図9の固定増幅回路16のオフセット端子16aへ印加し、圧力センサ3の零点調整を自動的に行なうようにしている。

尚、前記 $-0.13\%FS$ を経時変化の零点ドリフトの調整基準点としたのは、図3乃至図6等に示した基礎試験の結果より、真空保持下に於いては零点ドリフト v_0 がマイナス方向のみにしか発生しないこと、及び $-0.13\%FS$ （ $v_0 = -2.6mV$ ）程度の零点ドリフトまでであれば、圧力センサ3の実用上の許容誤差の範囲内に納まること等が、その理由である。

[0072] 具体的には、先ず圧力センサ3の出力電圧 v がマイナス側になっているか否かを判断する。

尚、圧力制御装置の使用中は、圧力センサ3には必ずガス圧がかかっており、圧力センサ3の出力電圧 v がマイナス側になることはない。従って、圧力センサ3の出力電圧 v がマイナス側にあることを判別すれば、圧力制御装置は使用休止中であり、ガスの流通の無いことが判る。

[0073] また、真空保持下に於いては、圧力センサ3の経時変化による零点出力電圧ドリフト v_0 は必ず一側に出ることが判っているので、圧力センサ3の出力ドリフト v が一側であれば、圧力センサ3は真空又はこれに近い真空度（ $10^{-2} \sim 10^{-6}$ Torr程度）に保持されていることが判る。

[0074] 従って、圧力センサ3の出力電圧ドリフト v が一側にあることさえ判別すれば、圧力式流量制御装置は不使用の状態下にあり、且つ管路内圧力は真空に近い状態に保持されていることになるため、何時でも経時による零点ドリフトの調整を行なえることになる。

[0075] 次に、圧力センサ3の出力電圧ドリフト v が前記設定値（ $v = -0.13\%FS$ ）を越えているか否かを判別する。そして、もしも圧力センサの出力ドリフト v が設定値を越えている場合には、圧力センサ3の経時変化による零点ドリフトの調整が必要であると自己診断し、自動的に零点ドリフト v_0 の調整を行なう。

[0076] 図11は、圧力制御装置の制御回路の詳細なブロック構成図である。圧力センサ3、

固定増幅器16、可変増幅器17・18、A/D変換器19、オフセット用D/A変換器40等は図9の場合と同一であるから、その説明を省略する。

[0077] 尚、圧力式流量制御装置の制御回路も図11の場合と略同じであり、流量演算手段の中の流量直線性補正部7a'の出力側にガス温度補正部(図示省略)が設けられ、このガス温度補正部へ温度センサ4からの温度検出信号が入力される点のみが、図11と異なるだけである。

また、図11に於いて、41はD/A変換器、42、43、44はA/D変換器、7は制御回路、7cは比較回路、20はCPU、7a'は流量演算手段の中の流量直線性補正部、48は圧力センサの温度ドリフト補正手段、49は圧力センサの経時零点ドリフト補正手段、50はピエゾ昇圧回路であり、当該ピエゾ昇圧回路50からの出力によりコントロールバルブ(図示省略)が開閉制御される。

[0078] 圧力センサ出力の零点経時ドリフト補正手段49は、A/D変換器44からの入力値 v が設定値($-0.13\%FS = -2.6mV$)を越えているか否かを判定する手段(センサ出力判定手段49a)と、コントロールバルブ9へ強制閉の入力が設定されているか、又は圧力設定信号 V が $0.6\%FS$ 以下であるかの何れかを判定する作動条件判定手段49bとを具備しており、作動条件判定手段49bにより、(1)コントロールバルブ9へ強制開又は(2)強制閉の入力が設定されているか、(3)圧力設定信号 V が $0.6\%FS$ ($V = 60mV \cdot$ センサ出力電圧 $v = 12mV$)以下であるか、の何れかが確認され、且つセンサ出力判定手段49aにより圧力センサ3の出力 v が $-0.13\%FS$ 以上であることが確認されたときには、自動的にDA変換器から $+0.13\%FS$ に相当する零点調整用電圧($v_0 = 2.6mV$)が固定増幅回路16のオフセット端子16aへ入力され、これによって圧力センサの経時零点ドリフト($-0.13\%FS$)に相当するドリフト出力($-2.6mV$)が相殺されることにより、自動零点調整が行なわれる。

[0079] 図12は、本発明に係る圧力センサ経時零点ドリフト補正手段49の作動フロー図である。ステップ_{m1}で、圧力センサ3からの出力電圧 v が入力され、且つステップ_{m2}でコントロールバルブ9への強制開の入力信号 V_c 又は強制閉の入力信号 V_o が入力される。そして、ステップ_{m3}で前記 v が $-0.13\%FS$ ($v = -2.6mV$)を越えるか否かが判定され、また、ステップ_{m4}で V_c 又は V_o の存否及び圧力設定信号 V が $0.6\%FS$ 以下で

あるか否かが判断される。

最後にステップ_{m5}でVが -12mV を越え且つ $V_c > 0$ 又は $V_o > 0$ 若しくは $V < 0.6\%$ FSの何れかの条件が満足されているとき(ステップ_{m5})には、ステップ_{m6}で $+v (=2.6\text{mV})$ の電圧出力が固定増幅回路16のオフセット端子16aへ出力される。

[0080] 尚、前記図1乃至図11に示した本発明の実施形態に於いては、臨界条件下で使用する圧力式流量制御装置に基づいて本発明を説明したが、本発明は非臨界条件下で使用する圧力制御装置や単独で使用に供する圧力センサにも適用できることは勿論である。

産業上の利用可能性

[0081] 本発明は、半導体製造設備や化学品製造設備などで主として用いられるものである。また、本発明は、原料ガスなどの流体の供給流量や供給圧力を高精度で制御する必要のある分野で、広く利用されるものである。

請求の範囲

- [1] 流体圧力を測定する圧力センサに於いて、圧力センサからのセンサ出力電圧を外部へ出力すると共に、前記センサ出力電圧を圧力センサの経時零点ドリフト補正手段へ入力し、当該経時零点ドリフト補正手段のセンサ出力判定手段に於いて前記センサ出力電圧が設定値より大きいかな否かを判定し、更に前記経時零点ドリフト補正手段の作動条件判定手段に於いて圧力センサの作動条件を判定し、前記センサ出力電圧が設定値より大きく且つ圧力センサの作動条件が予め設定した作動条件下にあるときは、圧力センサの経時零点ドリフトを消去する構成としたことを特徴とする圧力センサの自動零点補正装置。
- [2] 圧力センサに半導体感圧素子を用い、また、センサの出力電圧を増幅器を通して外部へ出力すると共に、A/D変換器を通して圧力センサの経時零点ドリフト補正手段へ入力し、更にセンサ出力電圧が設定値より大きく且つ圧力センサが設定した作動条件下にあるときは、前記経時零点ドリフト補正手段からD/A変換器を通して前記センサ出力電圧と同一電圧で且つ逆極性の零点補正用電圧を前記増幅器のオフセット端子へ入力する構成とした請求項1に記載の圧力センサの自動零点補正装置。
- [3] 圧力制御用のコントロールバルブと流体圧力を測定する圧力センサを備えた圧力制御装置に於いて、圧力センサからのセンサ出力電圧を外部へ出力すると共に、前記センサ出力電圧を圧力センサの経時零点ドリフト補正手段へ入力し、当該経時零点ドリフト補正手段のセンサ出力判定手段に於いて前記センサ出力電圧が設定値より大きいかな否かを判定し、更に前記経時零点ドリフト補正手段の作動条件判定手段に於いて圧力センサの作動条件を判定し、前記センサ出力電圧が設定値より大きく且つ圧力センサの作動条件が予め設定した作動条件下にあるときは、圧力センサの経時零点ドリフトを消去する構成としたことを特徴とする圧力制御装置の自動零点補正装置。
- [4] 圧力センサに半導体感圧素子を用い、また、センサの出力電圧を増幅器を通して外部へ出力すると共に、A/D変換器を通して圧力センサの経時零点ドリフト補正手段へ入力し、更にセンサ出力電圧が設定値より大きく且つ圧力センサが設定した作

動条件下にあるときは、前記経時零点ドリフト補正手段からD/A変換器を通して前記センサ出力電圧と同一電圧で且つ逆極性の零点補正用電圧を前記増幅器のオフセット端子へ入力する構成とした請求項3に記載の圧力制御装置の自動零点補正装置。

- [5] 流量制御用のオリフィスと、オリフィスの上流側配管に設けたコントロールバルブと、オリフィスとコントロールバルブの間に設けて上流側圧力 P_1 を検出する上流側圧力センサとから構成され、上流側圧力 P_1 によりオリフィス通過流量を制御する圧力式流量制御装置において、前記圧力センサからのセンサ出力電圧を流量演算手段へ出力すると共に、前記センサ出力電圧を圧力センサの経時零点ドリフト補正手段へ入力し、当該経時零点ドリフト補正手段のセンサ出力判定手段に於いて前記センサ出力電圧が設定値より大きいかな否かを判定し、更に前記経時零点ドリフト補正手段の作動条件判定手段に於いて圧力センサの作動条件を判定し、前記センサ出力電圧が設定値より大きく且つ圧力センサの作動条件が予かじめ設定した作動条件下にあるときは、圧力センサの経時零点ドリフトを消去する構成としたことを特徴とする圧力式流量制御装置の自動零点補正装置。
- [6] 圧力センサに半導体感圧素子を用い、また、センサの出力電圧を増幅器を通して外部へ出力すると共に、A/D変換器を通して圧力センサの経時零点ドリフト補正手段へ入力し、更にセンサ出力電圧が設定値より大きく且つ圧力センサが設定した作動条件下にあるときは、前記経時零点ドリフト補正手段からD/A変換器を通して前記センサ出力電圧と同一電圧で且つ逆極性の零点補正用電圧を前記増幅器のオフセット端子へ入力する構成とした請求項5に記載の圧力式流量制御装置の自動零点補正装置。
- [7] 流量制御用のオリフィスと、オリフィスの上流側配管に設けたコントロールバルブと、オリフィスとコントロールバルブの間に設けて上流側圧力 P_1 を検出する上流側圧力センサと、オリフィスの下流側配管に設けられて下流側圧力 P_2 を検出する下流側圧力センサとから構成され、上流側圧力 P_1 と下流側圧力 P_2 によりオリフィス通過流量を制御する圧力式流量制御装置において、圧力センサからのセンサ出力電圧を流量演算手段へ出力すると共に、前記センサ出力電圧を圧力センサの経時零点ドリフト補

正手段へ入力し、当該経時零点ドリフト補正手段のセンサ出力判定手段に於いて前記センサ出力電圧が設定値より大きいかな否かを判定し、更に前記経時零点ドリフト補正手段の作動条件判定手段に於いて圧力センサの作動条件を判定し、前記センサ出力電圧が設定値より大きく且つ圧力センサの作動条件が予かじめ設定した作動条件下にあるときは、圧力センサの経時零点ドリフトを消去する構成としたことを特徴とする圧力式流量制御装置の自動零点補正装置。

- [8] 圧力センサに半導体感圧素子を用い、また、センサの出力電圧を増幅器を通して外部へ出力すると共に、A/D変換器を通して圧力センサの経時零点ドリフト補正手段へ入力し、更にセンサ出力電圧が設定値より大きく且つ圧力センサが設定した作動条件下にあるときは、前記経時零点ドリフト補正手段からD/A変換器を通して前記センサ出力電圧と同一電圧で且つ逆極性の零点補正用電圧を前記増幅器のオフセット端子へ入力する構成とした請求項7に記載の圧力式流量制御装置の自動零点補正装置。
- [9] 圧力センサの経時零点ドリフト補正手段のセンサ出力判定手段で基準とする設定値を、圧力センサにより検出するフルスケール圧力の制御精度以下に相当するセンサ出力電圧とするようにした請求項3又は請求項4に記載の圧力制御装置の自動零点補正装置。
- [10] 圧力センサの経時零点ドリフト補正手段の作動条件判定手段で基準とする設定作動条件を、コントロールバルブへの強制開信号の有・無と、強制閉信号との有無と、流量設定信号が零であることの三条件とするようにした請求項3又は請求項4に記載の圧力制御装置の自動零点補正装置。
- [11] 圧力センサの経時零点ドリフト補正手段のセンサ出力判定手段で基準とする設定値を、圧力センサにより検出するフルスケール圧力の制御精度以下に相当するセンサ出力電圧とするようにした請求項5、請求項6、請求項8又は請求項9に記載の圧力式流量制御装置の自動零点補正装置。
- [12] 圧力センサの経時零点ドリフト補正手段の作動条件判定手段で基準とする設定作動条件を、コントロールバルブへの強制開信号の有・無と、強制閉信号との有無と、流量設定信号が零であることの三条件とするようにした請求項5、請求項6、請求項8

又は請求項9に記載の圧力式流量制御装置の自動零点補正装置。

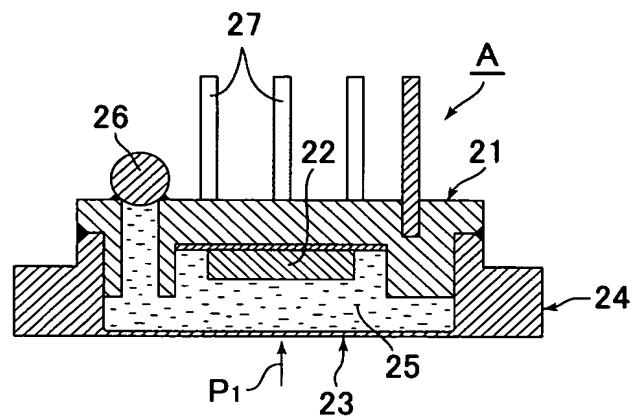
- [13] 経時零点ドリフト補正手段から零点補正用電圧を増幅器のオフセット端子へ出力するD/A変換器を、当該圧力式流量制御装置の流量演算手段に設けた圧力センサの温度ドリフト補正手段と共用する構成とした請求項4に記載の圧力制御装置の自動零点補正装置。
- [14] 経時零点ドリフト補正手段から零点補正用電圧を増幅器のオフセット端子へ出力するD/A変換器を、当該圧力式流量制御装置の流量演算手段に設けた圧力センサの温度ドリフト補正手段と共用する構成とした請求項6又は請求項8に記載の圧力式流量制御装置の自動零点補正装置。

要 約 書

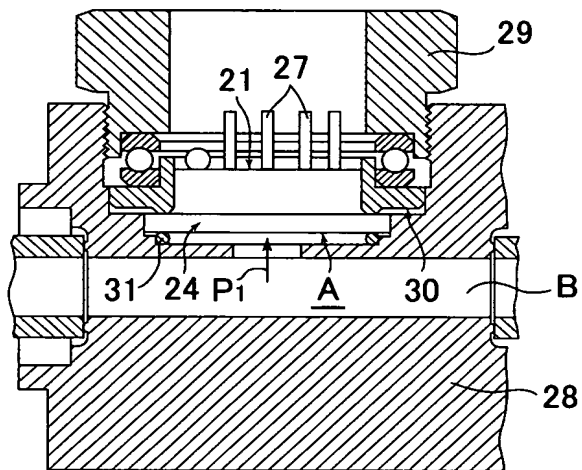
圧力センサの経時零点ドリフトを自動補正して、その使用期間に拘わらず圧力を正確に検出できるようにした圧力センサと、これを用いた圧力制御装置及び流量制御装置を提供するものである。

具体的には、流体圧力を測定する半導体感圧素子を用いた圧力センサに於いて、圧力センサからのセンサ出力電圧を増幅器を通して外部へ出力すると共に、前記センサ出力電圧をD/A変換器を通して圧力センサの経時零点ドリフト補正手段へ入力し、当該経時零点ドリフト補正手段のセンサ出力判定手段に於いて前記センサ出力電圧が設定値より大きいか否かを判定し、更に前記経時零点ドリフト補正手段の作動条件判定手段に於いて圧力センサの作動条件を判定し、前記センサ出力電圧が設定値より大きく且つ圧力センサの作動条件があらかじめ設定した作動条件下にあるときは、D/A変換器を通して前記センサ出力電圧と同一電圧で且つ逆極性の零点補正用電圧を前記増幅器のオフセット端子へ入力し、圧力センサの経時零点ドリフトを消去する。

[図1]

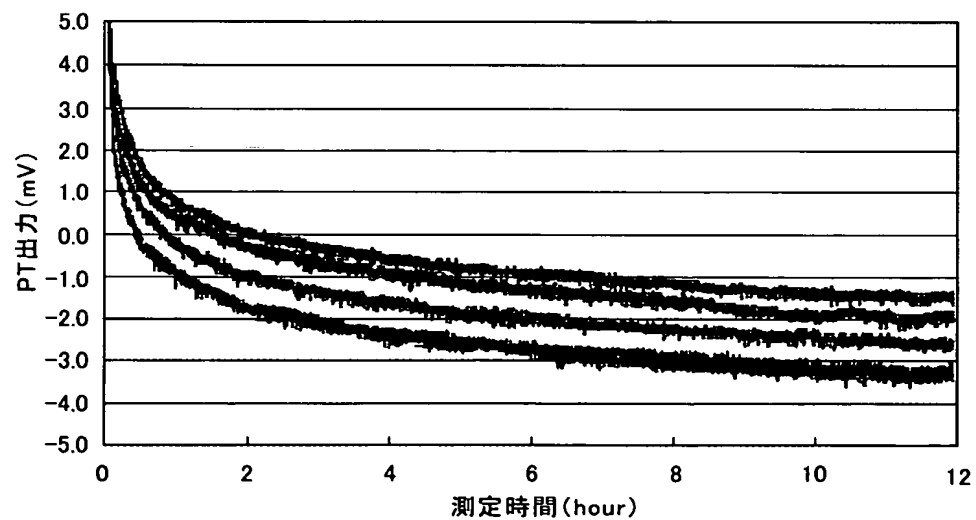


[図2]

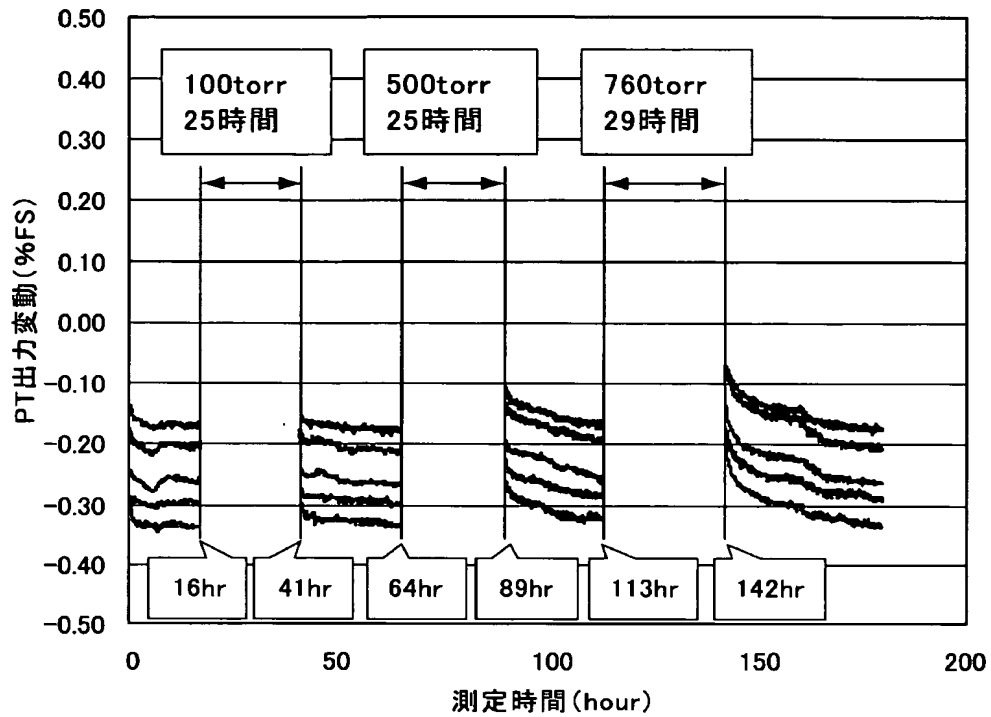


[図3]

真空保持下でのゼロ点安定時間(24時間大気圧下放置後)

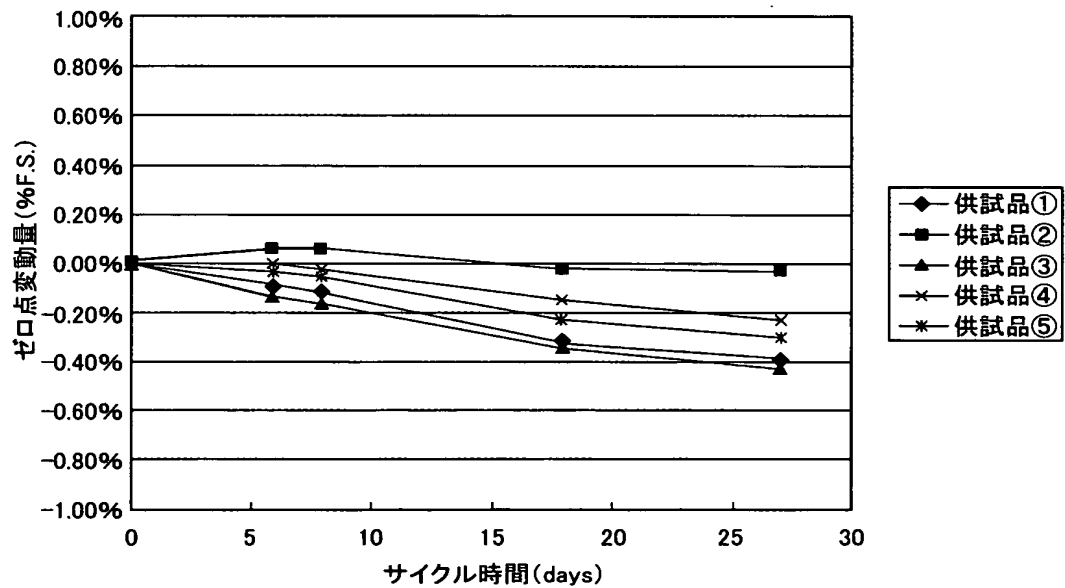


[図4]



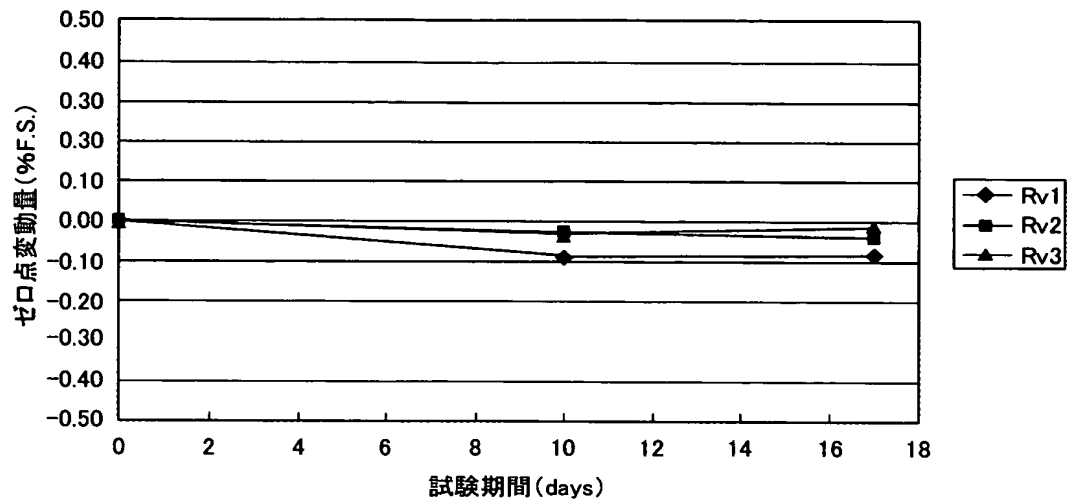
[図5]

0-60Torrサイクル試験5時間時のゼロ点変動量



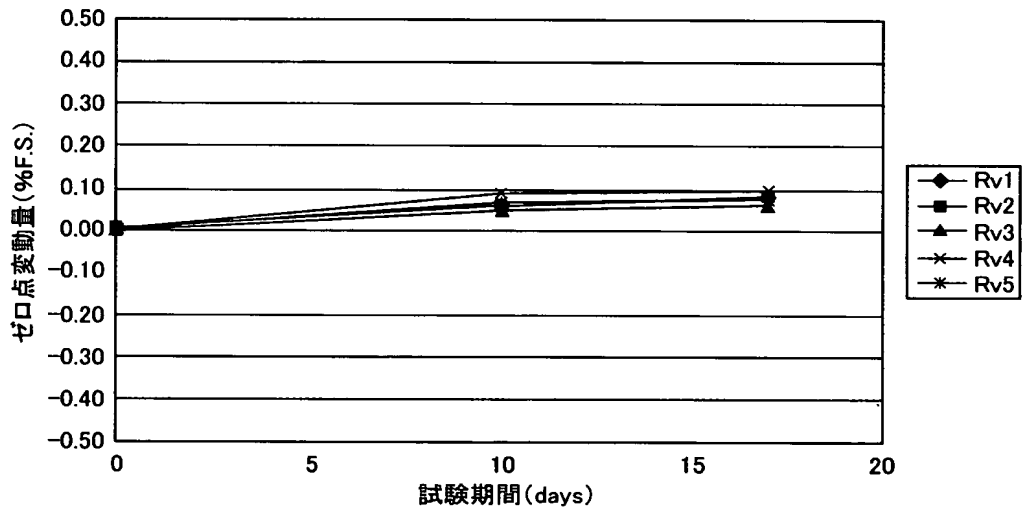
[図6]

真空⇔0.1MPaGサイクル試験 5時間のゼロ点変動量

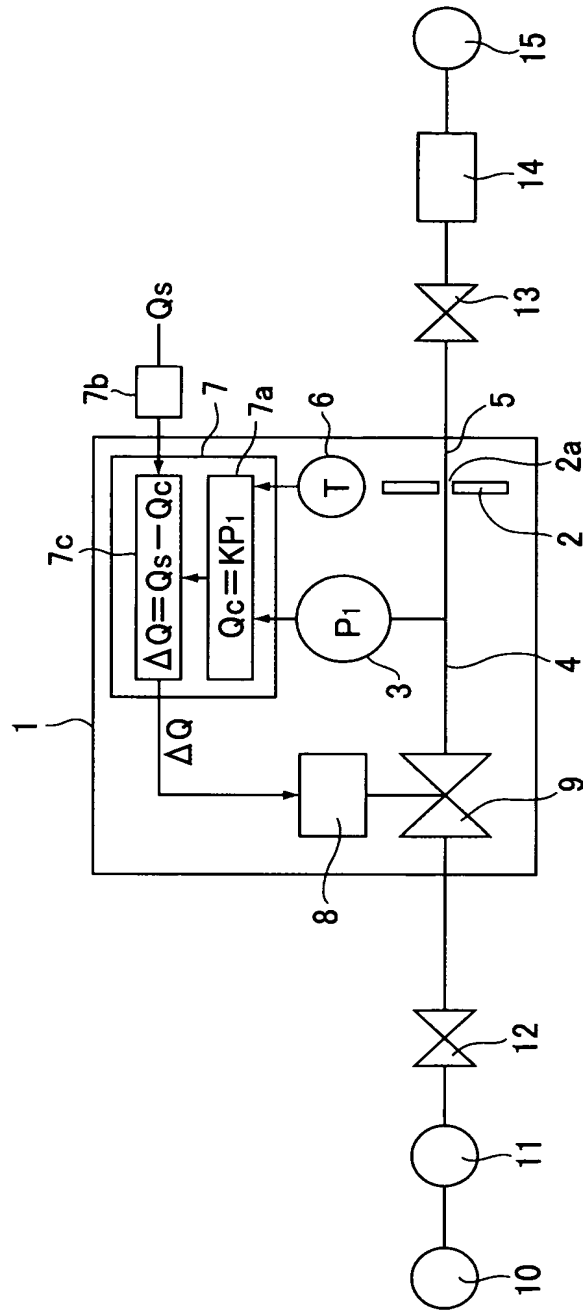


[図7]

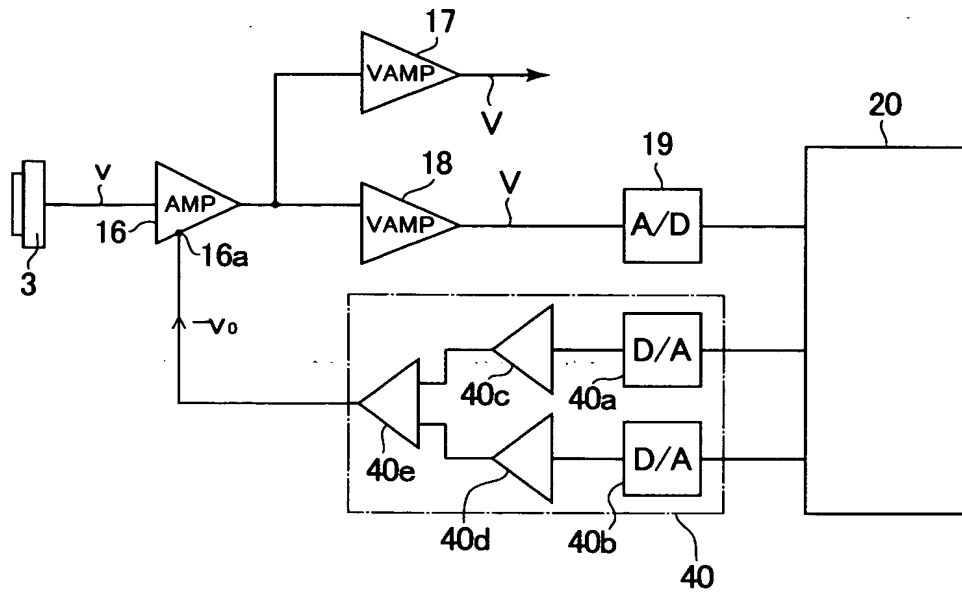
0.1MPa保持試験 5時間のゼロ点変動量



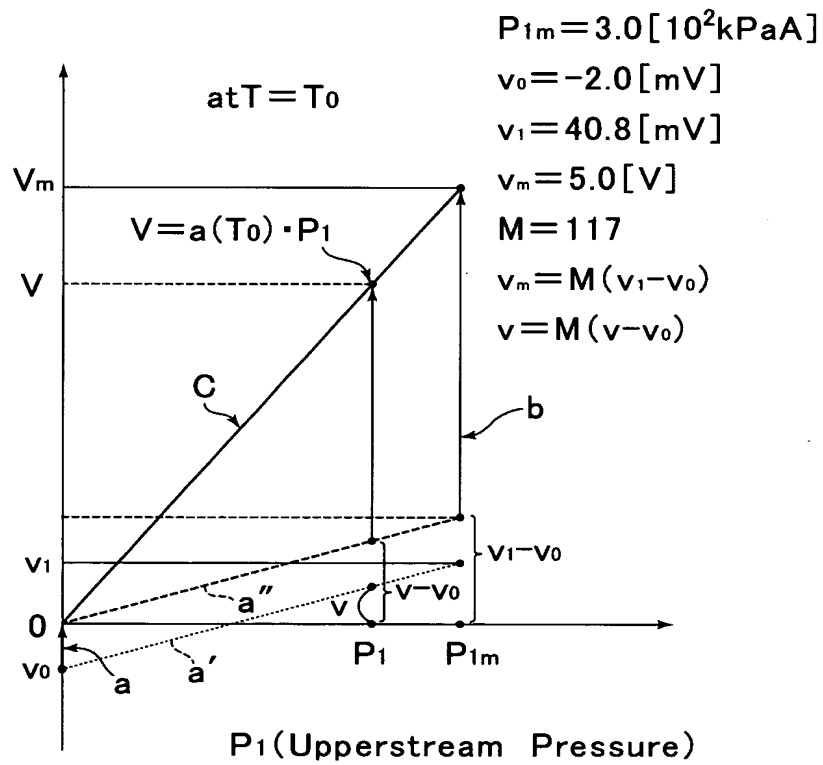
[図8]



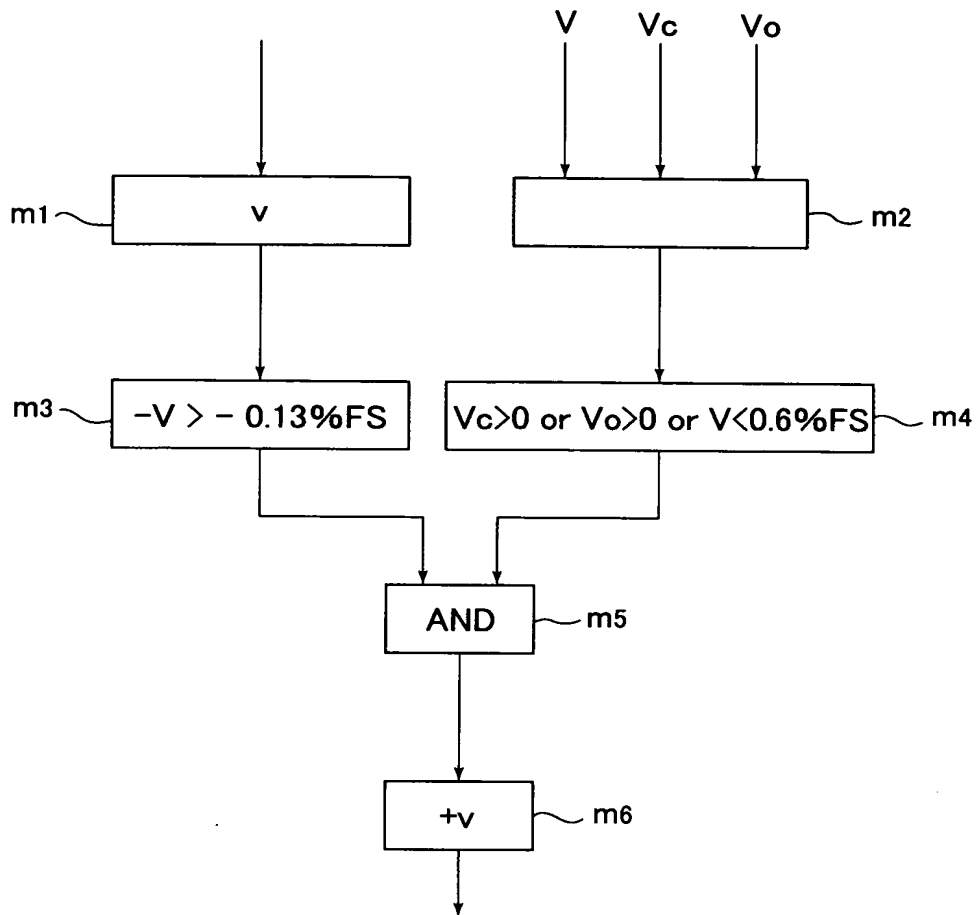
[図9]



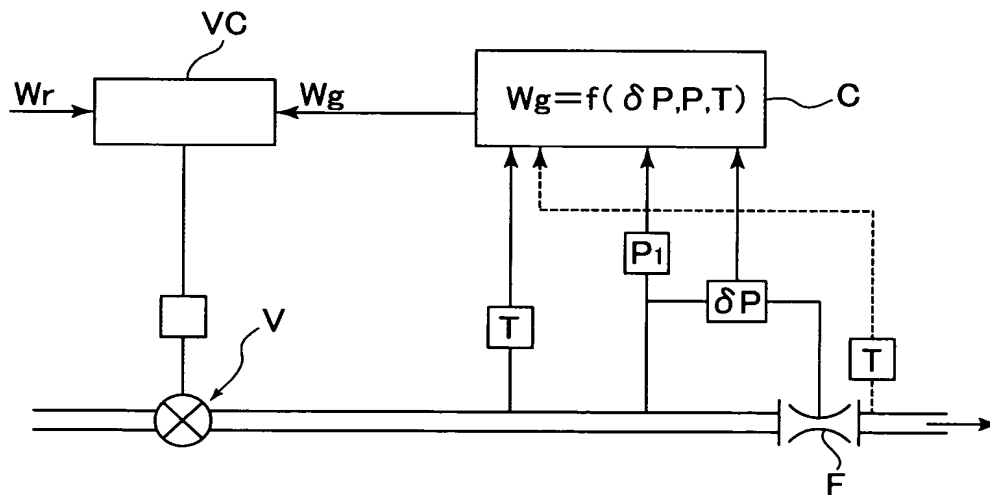
[図10]



[図12]



[図13]



[図14]

